AGROFORESTCAPE: PARADIGMA BARU PENGEMBANGAN AGROFORESTRI INDONESIA BERBASIS TEKNOLOGI *BLOCKCHAIN* UNTUK KEDAULATAN PANGAN DAN KELESTARIAN LINGKUNGAN

KARYA ILMIAH YANG DIAJUKAN UNTUK MENGIKUTI PEMILIHAN MAHASISWA BERPRESTASI TINGKAT NASIONAL

OLEH

MAHTUF IKHSAN

E14160071

DEPARTEMEN MANAJEMEN HUTAN

FAKULTAS KEHUTANAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR, 2019

SUMMARY

The population of Indonesia is predicted to increase from 258,162,000 people in 2015 to 321,551,000 people by 2050 (UN DESA, 2018). The annual population growth requires the country to fulfill the resulting increased needs, especially for food. The data from FAO *et al*. (2018) stated that 20.7 million Indonesians experienced starvation between 2015-2017, which led to serious threats of food sovereignty. Sustainable Development Goals 2030 gives the mandate that everyone should have adequate access to food needs (Goal 2) through sustainable agricultural production and resilience to climate change (Goal 13 and 15). Climate change is one of the factors that can affect the stability of food production. Extreme weather and increasing global temperature have a negative implication on agricultural productivity, especially on staple foods such as rice, wheat, and corn.

Food sovereignty is dependent on the availability of productive agricultural land. Research by BAPPENAS (2010) projects that agricultural land will decrease significantly in Java-Bali by 182,556 ha, Sulawesi (78,701 ha), Kalimantan (25,372 ha), Sumatera (3,170 ha), and Lombok (2,123 ha) by 2050 due to land conversion for other uses. Degradation of agricultural land and climate change impact will affect food production capacity. Meanwhile, there are more than 35.75 million hectares of ex-concession forest areas, which without proper management will lead to environmental sustainability menace (APHI, 2016).

To overcome the problems of food sovereignty and degradation of agricultural land, agroforestry is an alternative land-use option where forestry, agriculture, fishery, and livestock activities are combined. However, agroforestry systems that are currently implemented in Indonesia still face various problems with regards to their supply chains, such as uncertainty on land ownership, lack of business efficiency, expensive logistics costs, low productivity, and centralized institutions. Referring to these issues, the development of a new paradigm for Indonesia's agroforestry based on blockchain technology is essential to improve the effectiveness and efficiency of agroforestry system. The implementation of

blockchain technology will offer transparency, accountability, and data security to facilitate the process of agroforestry development.

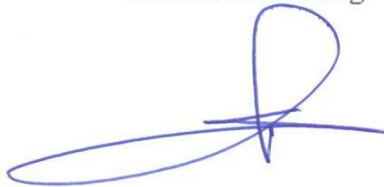
Agroforestcape (Agroforestry Landscape) is a program based on blockchain technology to promote agroforestry in Indonesia as a solution to achieve food sovereignty and environmental sustainability targets. Agroforestcape can be implemented by using the plant composition of *sengon buto*, teak, *lamtoro*, mangrove, pepper, rice, sago, and cassava through three planting models of agroforestry systems, namely 2D (Two-Dimensional), 3D (Three-Dimensional), and 4D (Four-Dimensional). An agroforestry model of 1 million ha is predicted to be able to increase food production by 10 million tons per year compared to a traditional farming system without agroforestry and able to provide foods for 50 million people. In addition, agroforestry contributes to the reduction of greenhouse gas emissions (GHG) from terrestrial ecosystem where the conversion from agricultural land to agroforestry can absorb carbon three times higher for the next 20 years.

Blockchain technology for Agroforestcape program is developed to make agroforestry supply chain management more efficient and effective. Blockchain enables various stakeholders to directly exchange agroforestry data among themselves without any assistance from a third party. Farmer groups will receive real-time transactions data about their product logistics through the platform. Middleman will get live notifications from the loop regarding new contracts and increase customer engagement processes. Logistics will be able to record the supply chain tasks automatically, supervise trip mapping, and distance tracking to monitor goods distribution without using GPS (Global Positioning System).

All kinds of agroforestry activities will be digitally managed through the blockchain system and the farmer groups will easily monitor their business processes without being directly involved in the field. Apart from that, blockchain can also guarantee transparency and accountability of forestry institutions because any change of data that one actor wants to make in the system must be approved by all parties involved to guarantee the data security and prevent them from being misused. The implementation of Agroforestcape can be integrated with government programs, such as One Map Policy, Social Forestry, and Smart Village by involving

community members actively in the formulation of development plan and the detailed proposal of financial budget. The development of Agroforestcape based on blockchain technology is expected to encourage the growth of agroforestry system in Indonesia towards food sovereignty and environmental sustainability targets in the future.

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Karya Tulis	: *Agroforestcape* : Paradigma Baru Pengembangan Agroforestri Indonesia Berbasis Teknologi *Blockchain* untuk Kedaulatan Pangan dan Kelestarian Lingkungan
Bidang Karya Tulis	: IPA
Nama	: Mahtuf Ikhsan
NIM	: E14160071
Departemen	: Manajemen Hutan
Fakultas	: Kehutanan
Universitas	: Institut Pertanian Bogor
Dosen Pembimbing	: Dr. Ir. Supriyanto, DEA
NIP	: 19550510 199203 1 001

Bogor, 15 April 2019

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Supriyanto, DEA
NIP. 19550510 199203 1 001

Mahasiswa

Mahtuf Ikhsan
NIM. E14160071

Wakil Rektor Bidang Pendidikan dan Kemahasiswaan IPB

Dr. Ir. Drajat Martianto, M.Si
NIP. 19640324 198903 1 004

SURAT PERNYATAAN

Saya bertanda tangan di bawah ini :

Nama	:	Mahtuf Ikhsan
Tempat, tanggal lahir	:	Duri, 28 Januari 1999
Program Studi	:	Manajemen Hutan
Fakultas	:	Kehutanan
Perguruan Tinggi	:	Institut Pertanian Bogor
Judul Karya Tulis	:	*Agroforestcape*: Paradigma Baru Pengembangan Agroforestri Indonesia Berbasis Teknologi *Blockchain* untuk Kedaulatan Pangan dan Kelestarian Lingkungan

Dengan ini menyatakan bahwa Karya Tulis Ilmiah yang saya sampaikan pada kegiatan Pilmapres ini adalah benar karya saya sendiri tanpa tindakan plagiarisme dan belum pernah diikutsertakan dalam lomba karya tulis.

Apabila di kemudian hari ternyata pernyataan saya tersebut tidak benar, saya bersedia menerima sanksi dalam bentuk pembatalan predikat sebagai Mahasiswa Berprestasi.

Bogor, 15 April 2019

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Yang menyatakan

METERAI TEMPEL
2DC61AFF607573636
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Dr. Ir. Supriyanto, DEA
NIP. 19550510 199203 1 001

Mahtuf Ikhsan
NIM. E14160071

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke-hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah bertema "Tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs)" dengan mengambil judul **"***Agroforestcape*: Paradigma Baru Pengembangan Agroforestri Indonesia Berbasis Teknologi *Blockchain* untuk Kedaulatan Pangan dan Kelestarian Lingkungan". Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Supriyanto, DEA. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan saran, perhatian, dan masukan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Drajat Martianto, M.Si. selaku Wakil Rektor Bidang Pendidikan dan Kemahasiswaan IPB, Bapak Dr. Alim Setiawan Slamet, S.TP, M.Si. selaku Direktur Kemahasiswaan dan Pengembangan Karir serta staf Direktorat Kemahasiswaan dan Pengembangan Karir IPB yang telah membantu penulis dalam persiapan Pilmapres Nasional 2019.
3. Tim Codepanda yang telah membantu penulis dalam pembuatan portal *Agroforestcape* berbasis teknologi *blockchain*.
4. Ayahanda Almustamar dan ibunda Sukarni yang selalu memberikan inspirasi dan dukungan kepada penulis.
5. Semua pihak yang telah berkontribusi dalam proses penyelesaian karya tulis ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ilmiah ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang membangun diharapkan untuk penyempurnaan. Penulis berharap karya tulis ilmiah ini dapat memberi manfaat bagi para pembaca khususnya dalam pengembangan usaha agroforestri di Indonesia.

Bogor, 15 April 2019

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

S*ustainable Development Goals* (SDGs) atau Tujuan Pembangunan Berkelanjutan memberikan amanat bahwa setiap orang berhak untuk mendapatkan kebutuhan pangan yang layak (*Goal* 2) melalui pemenuhan hasil produksi pertanian yang baik dan resilien terhadap perubahan iklim (*Goal* 13 dan 15). Jumlah penduduk Indonesia yang terus meningkat setiap tahun menjadi suatu tantangan yang lebih besar dalam mencukupi kebutuhan pangan dalam negeri. Menurut data UN DESA (2018), prediksi jumlah penduduk Indonesia akan bertambah dari 258.162.000 jiwa pada tahun 2015 menjadi 321.551.000 jiwa pada tahun 2050. Di sisi lain, masalah kedaulatan pangan masih menjadi ancaman bagi Indonesia. Jumlah orang yang kelaparan di Indonesia pada tahun 2015-2017 mencapai 20,2 juta jiwa (FAO, UNICEF, IFAD, WFP, WHO, 2018). Menurut data *Global Hunger Index* pada tahun 2018, Indonesia memiliki nilai indeks kelaparan 21,9 dan berada pada peringkat 73 dari 119 negara. Nilai indeks tersebut memberikan makna bahwa tingkat kelaparan di Indonesia merupakan ancaman yang serius (Grebmer *et al*., 2018). Permasalahan kedaulatan pangan merupakan gambaran akan rendahnya kapasitas produksi pangan secara umum.

Perubahan iklim merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi kapasitas produksi pangan secara khusus. Perubahan iklim di Indonesia menjadi perhatian yang sangat besar, bukan hanya karena peningkatan emisi gas rumah kaca akibat kebakaran hutan terhadap pemanasan global, melainkan juga karena kejadian cuaca ekstrem. Pada tahun 2018, jumlah kejadian bencana alam akibat cuaca ekstrem sebanyak 2.754 kejadian dan 92% merupakan bencana hidro-meteorologi, yang didominasi oleh banjir, tanah longsor, angin puting beliung, kebakaran hutan, dan kekeringan. Dampak dari bencana tersebut adalah 4.814 orang meninggal dan hilang, sebanyak 10.333.309 orang membutuhkan evakuasi, 574.838 rumah, serta 2.699 fasilitas umum rusak. Dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya, jumlah korban yang meninggal dan hilang merupakan jumlah akumulasi yang terbesar sejak tahun 2007 (BNPB, 2018). Dampak dari perubahan iklim berupa cuaca

ekstrem dan peningkatan suhu global 2^0C per tahun dapat berimplikasi secara negatif terhadap produksi komoditas pertanian khususnya padi, jagung, dan gandum (Porter *et al*., 2014).

Kapasitas produksi pangan sangat ditentukan oleh luas lahan pertanian produktif untuk menghasilkan persediaan pangan yang cukup. Konversi lahan pertanian menjadi pemukiman dan industri menyebabkan luas lahan pertanian menyusut. Menurut BPS (2018), luas sawah di Indonesia mengalami penurunan pada tahun 2018 sebesar 7,1 juta ha dibandingkan tahun 2017 sebesar 7,65 juta ha. Prediksi riset mengungkapkan bahwa pada tahun 2050, lahan pertanian akan berkurang secara signifikan di Jawa-Bali sebesar 182.556 ha, Sulawesi (78.701 ha), Kalimantan (25.372 ha), Sumatera (3.170 ha), dan Lombok (2.123 ha) (BAPPENAS, 2010).

Tingginya angka konversi lahan pertanian dan dampak perubahan iklim dapat menyebabkan menurunnya kapasitas untuk memproduksi komoditas pangan (Sumaryanto *et al*., 2006). Di sisi lain, masih banyak lahan hutan yang belum dimanfaatkan dengan baik dan optimal untuk menghasilkan pangan yang cukup dan berkualitas. Luas kawasan hutan alam produksi Ijin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu Hutan Alam atau Hutan Tanaman (IUPHHK-HA/HT) yang terlantar (secara *de facto* tidak ada pengelolanya) sebesar 35,75 juta ha. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan kawasan hutan secara masif dan permanen. Tidak hanya pada IUPHHK-HA/HT, tetapi juga pada kawasan Hutan Tanaman Industri (HTI) yang tercatat sebesar 35% tidak dikelola dari luas lahan konsesi sebanyak 10,5 juta ha (APHI, 2016).

Agroforestri merupakan solusi pemanfaatan lahan yang integratif untuk menunjang pengembangan tanaman kehutanan dalam rangka konservasi tanah dan air ditambah dengan penanaman tanaman pertanian sebagai bahan pangan dan nilai tambah ekonomi. Menurut Kholifah *et al*. (2017), usaha agroforestri menyumbang 98,47% pendapatan petani dalam hal pemanfaatan lahan terpadu dibandingkan dengan usaha non-agroforestri 1,53%. Program agroforestri yang sekarang sedang berjalan di Indonesia masih memiliki berbagai permasalahan di bidang rantai pasok yaitu ketidakpastian kepemilikan lahan, kurangnya efisiensi usaha, biaya logistik mahal, luas garapan sempit, produktivitas rendah, dan kelembagaan yang terpusat

(sentralisasi) serta tertutup (Ruhimat, 2016). Paradigma baru pengembangan agroforestri yang berbasis teknologi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas usaha agroforestri menjadi sangat penting. Nair (2012) menyampaikan pula bahwa agroforestri membutuhkan revolusi teknologi untuk adaptasi pada masa mendatang.

Pengembangan teknologi dalam bidang agroforestri di Indonesia khususnya yang berkaitan dengan rantai pasok kehutanan masih sangat minim. *Blockchain* merupakan teknologi dalam revolusi industri 4.0 selain *artificial intelligence, big data, internet of things, virtual reality* dan *cloud* yang sedang marak dikembangkan untuk peningkatan produktivitas dan rantai pasok pertanian. Chinaka (2016) menyampaikan bahwa *blockchain* di Afrika Selatan dapat membantu dalam mempersingkat rantai pasok produksi anggur secara efisien. Oleh karena itu, paradigma baru *Agroforestcape* (*Agroforestry Landscape*) sebagai konsep pengelolaan agroforestri Indonesia berbasis teknologi *blockchain* menjadi penting agar dapat mengatur kegiatan usaha agroforestri mulai pengaturan modal usaha, kegiatan persemaian, pemeliharaan tanaman, sampai kegiatan pemanenan dapat dilakukan secara otomatis. Penggunaan teknologi *blockchain* dapat bermanfaat terhadap usaha agroforestri karena menawarkan transparansi, akuntabilitas, dan keamanan data dalam konteks rantai pasok sehingga dapat mendukung pengembangan agroforestri pada masa mendatang.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan kerawanan pangan, penyusutan lahan pertanian, dan perubahan iklim merupakan ancaman yang serius bagi kedaulatan pangan masyarakat Indonesia. Agroforestri merupakan solusi pemanfaatan lahan yang integratif untuk menunjang pengembangan tanaman kehutanan dalam rangka konservasi tanah dan air ditambah dengan penanaman tanaman pertanian sebagai bahan pangan dan nilai tambah ekonomi. Kendala utama agroforestri adalah pada bidang rantai pasok yaitu ketidakpastian kepemilikan lahan, kurangnya efisiensi usaha, biaya logistik mahal, luas garapan sempit, produktivitas rendah, dan kelembagaan yang terpusat (sentralisasi).

Paradigma baru pengembangan agroforestri berbasis teknologi 4.0 *blockchain* sangat diperlukan untuk mendukung optimalisasi usaha agroforestri dan

mendukung adanya transparansi, akuntabilitas, serta keamanan data dalam rantai pasok usaha. Penggunaan teknologi *blockchain* dapat membantu pengaturan dan kelembagaan usaha agroforestri yang otomatis dan lebih efisien. Konsep baru ini diharapkan juga dapat mendukung program agroforestri dalam mencapai target implementasi Tujuan Pembangunan Berkelanjutan yaitu *Goal* 2 (*zero hunger*), *Goal* 13 (*climate change*), dan *Goal* 15 (*life on land*). Berdasarkan permasalahan tersebut, seperti apakah konsep baru pengembangan agroforestri Indonesia berbasis teknologi *blockchain* dirancang?

1.3 Uraian Singkat Gagasan

Konsep baru pengembangan agroforestri di Indonesia berbasis teknologi *blockchain* ini dinamakan *Agroforestcape* (*Agroforestry Landscape*). *Agroforestcape* adalah program untuk memopulerkan agroforestri di Indonesia berbasis teknologi *blockchain* sebagai solusi masa depan pemanfaatan lahan integratif dalam rangka pemenuhan target kedaulatan pangan dan kelestarian lingkungan. Penerapan *Agroforestcape* di lapangan dapat diterapkan dengan penggunaan komposisi tanaman sengon buto, jati, lamtoro, bakau, lada, padi, sagu, dan ubi kayu melalui 3 pola penanaman yaitu 2D (*Two-Dimensional*), 3D (*Three-Dimensional*), serta 4D (*Four-Dimensional*) *Agroforestry* dengan pertimbangan unsur panjang, lebar, tinggi, dan waktu pada lahan yang digunakan.

Penggunaan teknologi 4.0 *blockchain* pada program *Agroforestcape* ditujukan untuk membuat pengaturan rantai pasok kegiatan usaha agroforestri secara otomatis. Teknologi *blockchain* akan diterapkan dalam *monitoring* kegiatan penentuan modal usaha, persemaian, pemeliharaan tanaman, pemanenan, sampai kegiatan pemasaran. Teknologi *blockchain* memungkinkan pertukaran basis data agroforestri ke berbagai pihak tanpa bantuan pihak ketiga. Segala bentuk kegiatan agroforestri akan diatur secara digital melalui sistem *blockchain* dan pihak kelompok tani akan secara mudah memantau perkembangan usaha melalui pelaporan dan pemberitahuan langsung dari aplikasi yang akan dibuat. Selain itu, *blockchain* juga dapat menjamin transparansi dan akuntabilitas dari kelembagaan kehutanan khususnya dalam hal pengembangan agroforestri dari tingkat pusat

sampai ke daerah. Hal ini tentunya dapat mendorong efisiensi dan efektivitas dari kelembagaan kehutanan dan pertumbuhan usaha agroforestri di Indonesia.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari karya tulis ilmiah ini adalah sebagai berikut.

1. Mengembangkan konsep baru agroforestri di Indonesia berbasis teknologi *blockchain* untuk kedaulatan pangan dan kelestarian lingkungan yang disebut dengan *Agroforestcape*.
2. Merancang dan mengaplikasikan teknologi *blockchain* pada rantai pasok usaha agroforestri.

1.5 Manfaat

Manfaat dari pembuatan karya tulis ilmiah ini secara garis besar dibagi menjadi tiga.

1. Bagi masyarakat atau petani hutan, konsep *Agroforestcape* ini dapat dijadikan sebagai paradigma baru dalam mengelola usaha agroforestri yang efektif dan menguntungkan.
2. Bagi pemerintah, konsep *Agroforestcape* dapat menjadi rekomendasi kebijakan terkait arahan pengembangan model usaha agroforestri di Indonesia.
3. Bagi organisasi non-pemerintah (ornop), konsep *Agroforestcape* dapat dijadikan sebagai panduan dalam mempromosikan model pemanfaatan lahan agroforestri kepada masyarakat secara luas.

1.6 Metode Studi Pustaka

Metode studi pustaka yang digunakan adalah menggunakan studi literatur dan audiensi secara langsung dengan pemangku kepentingan terkait. Studi literatur yang digunakan berasal dari sumber pustaka berupa jurnal ilmiah dan buku tentang agroforestri, pengelolaan lahan, dan teknologi *blockchain*. Audiensi dan kerjasama aplikasi agroforestri berbasis *blockchain* akan dilakukan bersama pihak Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) RI.

BAB II
TELAAH PUSTAKA

2.1 Agroforestri dan Kemampuan Petani dalam Pengembangan Usaha

Agroforestri adalah suatu sistem pengelolaan lahan yang merupakan kombinasi antara produksi pertanian, termasuk pohon, buah-buahan, dan atau peternakan dengan tanaman kehutanan. Sistem agroforestri merupakan sistem pengelolaan sumber daya alam yang dinamis dan berbasis ekologi, dengan memadukan berbagai jenis pohon pada tingkat lahan pertanian maupun pada suatu bentang lahan (Senoaji, 2012). Kinerja petani dalam pengembangan sistem agroforestri adalah *output* kerja yang telah dicapai oleh petani dalam menerapkan sistem agroforestri di lahan terlantar atau tidak produktif. Kinerja petani tersebut mencakup: tingkat pendapatan, luaran usaha, persentase lahan produktif, persentase tegakan yang tumbuh sehat, keragaman jenis bahan pangan, dan terjadinya aksesibilitas jaringan sistem bisnis agroforestri (Sumarlan *et al*., 2012).

Kemampuan petani dalam penerapan sistem agroforestri merupakan kesanggupan petani untuk melakukan kegiatan-kegiatan dalam agroforestri. Kegiatan pengelolaan lahan dengan sistem agroforestri, antara lain penyiapan lahan, pemilihan jenis bibit/benih, penanaman, pemeliharaan tanaman, penganekaragaman tanaman, pemanenan, dan pengembangan pemasaran (Friday *et al*., 2000). Selain itu perlu diperhatikan pula pengembangan kelompok dan kerja sama untuk membangun jejaring kerja.

2.2 Peran Agroforestri terhadap Pencapaian SDGs

Agroforestri merupakan sebuah solusi masa depan bagi pemanfaatan lahan pertanian, kehutanan, peternakan, dan perikanan secara integratif. Agroforestri dapat mendukung program adaptasi dan mitigasi perubahan iklim karena kemampuannya dalam menyerap karbon serta menciptakan iklim mikro yang kondusif bagi masyarakat dan lingkungan sekitarnya (Lestari dan Premono, 2014). Agroforestri juga mendukung terciptanya pengelolaan hutan yang berkelanjutan serta memastikan bahwa sektor pertanian dan kehutanan dapat memberikan

kontribusi positif dalam rangka implementasi *Sustainable Development Goals* (SDGs) di Indonesia menuju tahun 2030 (Tabel 1).

Tabel 1. Peran agroforestri terhadap pencapaian tujuan SDGs

No	Tujuan SDGs	Target
1	Tujuan 2. *Zero Hunger*	Target 2.4 yaitu menciptakan sistem produksi pangan yang berkelanjutan melalui pemanfaatan lahan integratif
2	Tujuan 13. *Climate Action*	Target 13.2 yaitu mengintegrasikan isu agroforestri dan perubahan iklim dalam kebijakan dan perencanaan strategis nasional
3	Tujuan 15. *Life on Land*	Target 15.2 yaitu mempromosikan implementasi pengelolaan hutan dan lahan yang berkelanjutan serta pencegahan deforestasi

Sumber: olahan penulis

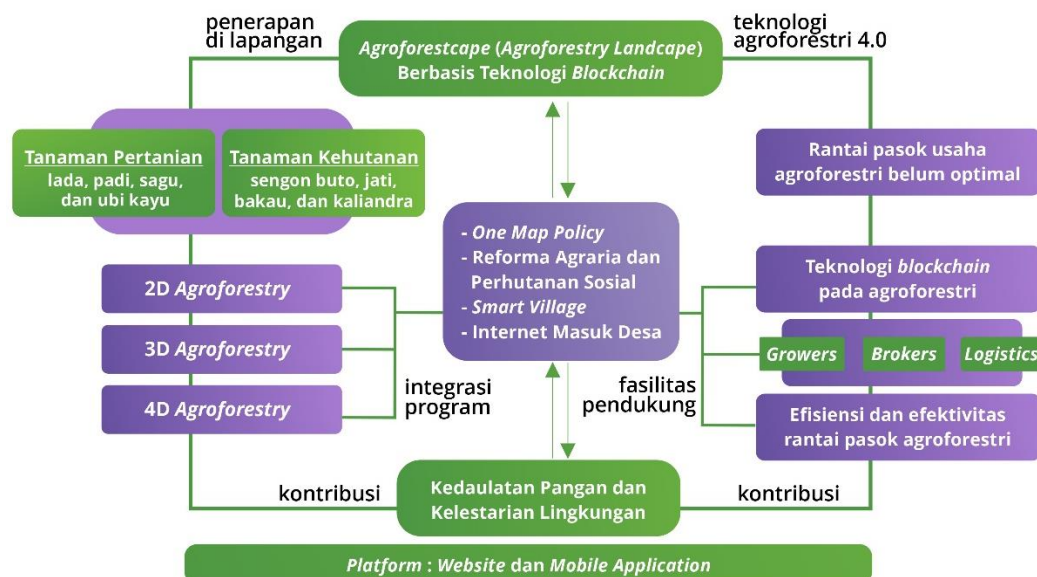
2.3 Penerapan Teknologi *Blockchain* dalam Rantai Pasok Pertanian-Kehutanan

Teknologi *blockchain* memberikan peluang untuk meningkatkan operasi rantai pasok pertanian-kehutanan. Potensi manfaat berlimpah untuk semua pelaku rantai pasok, mulai dari produsen skala kecil sampai perantara (termasuk pengolah, distributor, dan lainnya) hingga konsumen akhir. Dalam bidang pertanian, *blockchain* dapat diaplikasikan untuk menulusuri asal produk pertanian. *Blockchain* juga dapat digunakan untuk mengakses berbagai informasi yang selama ini sulit didapatkan karena berbagai alasan.

Penelitian Lin *et al*. (2017) memanfaatkan penggunaan *blockchain* yang dipadukan dengan teknologi informasi dan komunikasi (ICT). Model tersebut disusun untuk menciptakan *e-agriculture*. Sistem *e-agriculture* dengan teknologi *blockchain* diusulkan untuk digunakan pada skala lokal dan regional. Penelitian ini menggunakan kedua hal tersebut untuk melacak produk pertanian. Tidak hanya mengenai dari mana asal produk pertanian tersebut, tetapi juga bisa mengetahui informasi *on farm* seperti informasi ketersediaan pupuk, jenis pupuk yang digunakan, dan waktu pemanenan. Bahkan apabila digunakan untuk wilayah pertanian yang luas, teknologi ini akan dapat mendeteksi sumber cemaran air apabila terjadi polusi air yang menyebabkan gagal panen.

Penelitian Nikolakis *et al*. (2018) menyebutkan bahwa penggunaan teknologi *blockchain* dapat membantu memudahkan kompleksitas dari sistem lacak-balak (*chain of custody*) produk perkayuan yang dihasilkan dari kegiatan pengelolaan hutan. Pemanenan dan pengiriman kayu ke pihak ketiga membutuhkan dokumen dan sertifikasi yang lengkap agar dapat diterima dengan baik oleh pihak industri atau konsumen. Namun, pengurusan dokumen kayu oleh petani merupakan suatu hal yang cukup rumit dan membutuhkan biaya yang cukup besar. Teknologi *blockchain* dapat memotong rantai pasok dan sertifikasi kayu menjadi lebih efisien dan efektif.

BAB III
ANALISIS DAN SINTESIS

Konsep baru pengembangan agroforestri Indonesia berbasis teknologi *blockchain* ini dinamakan *Agroforestcape* (*Agroforestry Landscape*). *Agroforestcape* adalah program untuk memopulerkan agroforestri di Indonesia yang berbasis teknologi *blockchain* sebagai solusi masa depan pemanfaatan lahan integratif dalam rangka mewujudkan target kedaulatan pangan dan kelestarian lingkungan (Gambar 1).

Gambar 1. Alur desain paradigma baru *Agroforestcape*

3.1 Konsep *Agroforestcape*

Pengembangan ide *Agroforestcape* berawal dari pengalaman penulis ketika melaksanakan praktik pada Mata Pelajaran Agroforestri selama dua tahun di SMK Kehutanan Negeri Pekanbaru. Demplot (*demonstration plot*) agroforestri yang telah dibangun selama praktik adalah kombinasi jati putih dengan TOGA (Tanaman Obat Keluarga) seperti jahe dan kencur disertai dengan tanaman kacang tanah. Pembangunan demplot tersebut dapat dijadikan sebagai sarana penelitian, edukasi, dan wisata bagi masyarakat sekitar. Selain itu, penulis juga telah menyusun modul berjudul *Panduan Praktis Agroforestri* pada tahun 2016 yang ditujukan bagi pemerintah, petani, penyuluh lapangan, masyarakat, dan penggiat agroforestri di Indonesia. Modul ini berisi konsep, penerapan lapangan, jenis-jenis agroforestri di Indonesia, sampai analisis usaha agroforestri (Lampiran 1).

Agroforestcape adalah kegiatan memanfaatkan lahan terlantar atau tidak produktif untuk dijadikan kawasan agroforestri. Lahan hutan terlantar ini dimiliki oleh negara dan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar melalui skema Perhutanan Sosial (PS) dan Tanah Objek Reforma Agraria (TORA). Sejak tahun 2016, pemerintah melalui KLHK telah menetapkan target 12,7 juta ha lahan yang akan dijadikan sebagai kawasan perhutanan sosial di seluruh Indonesia dan 9 juta ha untuk program TORA. Pengembangan *Agroforestcape* dapat dilakukan pada kawasan hutan dan Areal Penggunaan Lain (APL) dilengkapi dengan komposisi jenis tanaman yang akan digunakan (Tabel 2).

Tabel 2. Komposisi tanaman *Agroforestcape* dan kegunaannya

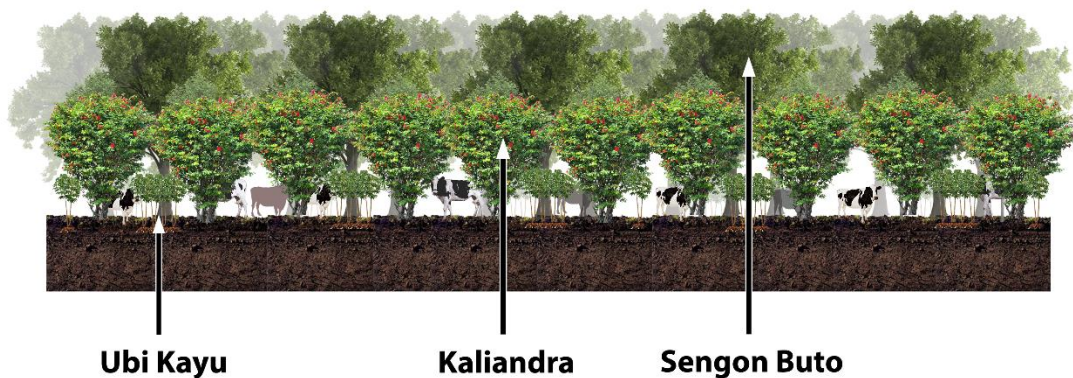
Jenis tanaman	**Nama ilmiah**	**Kegunaan**
Sengon buto	*Enterolobium cyclocarpum*	Perbaikan kesuburan lahan
Jati	*Tectona grandis*	Bahan kayu pertukangan
Kaliandra	*Calliandra calothyrsus*	Tanaman pagar, *woodpellet*
Lada	*Piper nigrum*	Bahan masakan dan obat-obatan
Bakau	*Rhizopora apiculata*	Penyangga budi daya perikanan
Padi	*Oryza sativa*	Bahan pangan
Sagu	*Metroxylon sagu*	Bahan pangan
Ubi Kayu	*Manihot utilisma*	Bahan pangan

Keterangan: diolah dari berbagai sumber

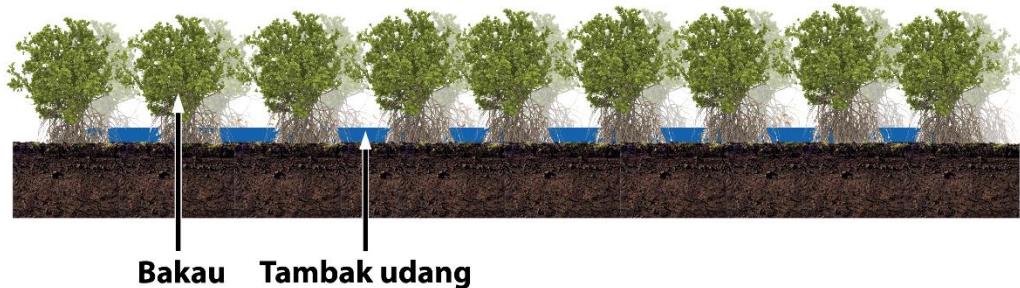
3.2 Pola Penanaman dan Manfaat *Agroforestcape*

Ada tiga pola agroforestri yang akan diterapkan pada konsep *Agroforestcape* ini.

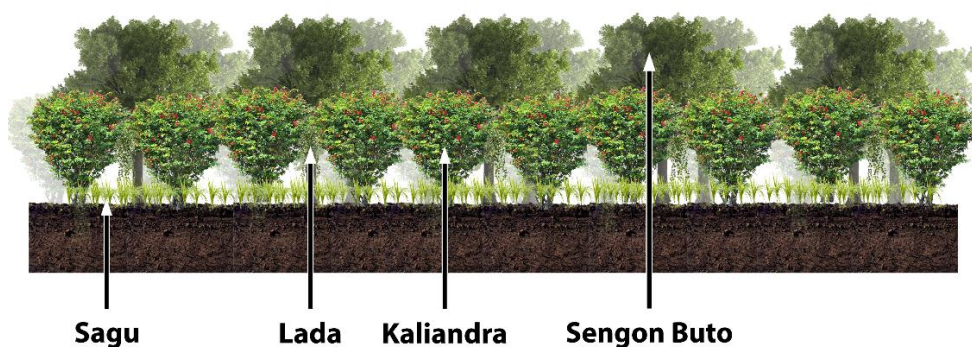
1. 2D (*Two-Dimensional*) *Agroforestry*

2D *Agroforestry* adalah sebuah konsep pemanfaatan lahan integratif yang menggunakan satu lapisan tajuk tanaman secara horizontal pada suatu bentang lahan dengan dimensi panjang dan lebar. Penerapan konsep 2D *Agroforestry* ini dapat dilakukan melalui dua skema yaitu *agrosilvopasture* dan *silvofishery*. *Agrosilvopasture* adalah pemanfaatan lahan dengan kombinasi penggunaan lahan pertanian, kehutanan, dan peternakan secara terpadu (Gambar 2). Konsep *agrosilvopasture* dapat memadukan jenis tanaman sengon buto, kaliandra, padi, ubi kayu, atau sagu. Tanaman lamtoro ditanam sebagai bahan pakan ternak di sepanjang lorong tanam (*alley cropping*) antara tanaman sengon buto dan tanaman pangan.

Gambar 2. Desain konsep 2D (*Two-Dimensional*) *Agroforestry* untuk *agrosilvopasture*

Konsep *silvofishery* adalah sistem pemanfaatan lahan integratif yang cocok diterapkan pada lahan hutan terlantar di dekat pantai atau menjorok ke laut (Gambar 3). Pengembangan *silvofishery* dapat dilakukan dengan membuat penggunaan lahan hutan dan tambak udang dengan perbandingan 65% : 35%, bertujuan untuk meningkatkan produksi per satuan luas dan hasil tangkapan udang. Hutan bakau dapat berfungsi untuk memberikan bahan makanan bagi udang, menciptakan iklim mikro bagi pertumbuhan dan perkembangan udang, serta sebagai tempat udang

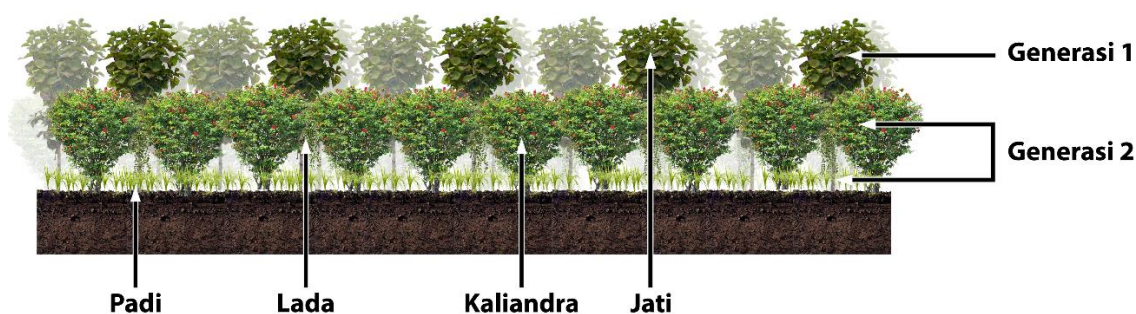
untuk mengasuh anaknya. Metode yang digunakan adalah empang parit inti (Wibowo dan Handayani, 2006).

Gambar 3. Desain konsep 2D (*Two-Dimensional*) *Agroforestry* untuk *silvofishery*

2. 3D (*Three-Dimensional) Agroforestry*

3D *Agroforestry* adalah sistem pemanfaatan lahan terpadu yang menggunakan tiga lapisan tajuk secara vertikal dalam satu unit pengelolaan lahan (dimensi panjang, lebar, dan tinggi). Konsep ini memadukan komposisi penanaman dari 2D *Agroforestry* dengan pemanfaatan bagian tanaman kehutanan atau pohon dengan intensif. Bagian batang pohon dapat dijadikan sebagai tempat tumbuh bagi tanaman merambat seperti lada secara bersamaan (Gambar 4). Penggunaan 3D *Agroforestry* ini tentunya dapat mendukung kegiatan intensifikasi lahan pertanian yang ada dan meningkatkan tingkat produktivitas dari satu unit lahan dibandingkan dengan perluasan lahan pertanian secara umum.

Gambar 4. Desain konsep 3D (*Three-Dimensional*) *Agroforestry*

3. 4D (*Four-Dimensional*) *Agroforestry*

4D *Agroforestry* adalah konsep pemanfaatan lahan terpadu menggunakan tiga lapisan tajuk tanaman (3D *Agroforestry*) secara vertikal dalam satu unit pengelolaan lahan, tetapi jenis tanaman kehutanan yang digunakan memiliki masa

tumbuh dan panen yang cukup lama sehingga dapat memberikan hasil produksi dalam jangka panjang (dimensi panjang, lebar, tinggi, dan waktu). Penggunaan 4D *Agroforestry* memberikan unsur keberlanjutan dalam komposisi pemilihan tanaman yang digunakan mengingat hasil pemeliharaan pohon dapat digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama (Gambar 5). 4D *Agroforestry* dapat diterapkan dengan menggunakan desain 3D *Agroforestry*, tetapi tanaman kehutanan yang digunakan merupakan jenis jati (*Tectona grandis*).

Gambar 5. Desain konsep 4D (*Four-Dimensional*) *Agroforestry*

Pola 2D, 3D, dan 4D *Agroforestry* di atas mempunyai kontribusi yang sangat penting terhadap pemenuhan kebutuhan pangan dan pendapatan masyarakat (Lampiran 2). Jika lahan terlantar sebesar 1 juta ha pada daerah tertentu dimanfaatkan untuk agroforestri, dapat diperkirakan terjadi peningkatan produksi pangan sebesar 10 juta ton per tahun dibandingkan dengan sistem pertanian tradisional tanpa agroforestri. Peningkatan produksi pangan ini secara teoretis dapat memenuhi kebutuhan pangan 50 juta orang dan menyediakan tambahan pendapatan bagi penduduk lokal melalui penjualan kayu yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian Reij *et al*. (2009) yang menyebutkan bahwa di Niger, praktik agroforestri pada lahan seluas 50.000 ha pada tahun 2009 dapat meningkatkan produksi gandum sebesar 500.000 ton per tahun dan dapat memenuhi kebutuhan pangan untuk 2.500.000 orang serta menghasilkan tambahan pendapatan dari produksi kayu. Selain itu, jika lahan hutan jati Perum Perhutani dimanfaatkan sebagai areal penanaman padi gogo, lahan tersebut dapat menyumbang cadangan padi nasional minimal 500.000 ton GKG per tahun dengan produktivitas 2,5 ton/ha (Perum Perhutani, 2009).

Agroforestri juga memiliki peran penting terhadap program adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Agroforestri dapat membantu target pemerintah untuk menurunkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebesar 26% atau 0,767 Gton CO_2e di tahun 2020. Penelitian Albrecht dan Kandji (2003) menyebutkan bahwa areal agroforestri seluas 585–1.215 juta ha memiliki potensi teknis mitigasi 1,1–2,2 x 10^{15} gram C (Pg C) di ekosistem daratan untuk 50 tahun kedepan. Sanzech (2000) menyatakan bahwa kegiatan agroforestri dapat menyerap tambahan karbon sebesar 57 x 10^{6} gram (Mg C) per ha atau 3 kali lebih tinggi daripada pertanian dan padang rumput. Transformasi lahan pertanian menjadi agroforestri diperkirakan akan menyimpan karbon tiga kali lebih tinggi selama 20 tahun mendatang. Hal ini tentunya selaras dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan khususnya pada *Goal* 2 (*zero hunger*), *Goal* 13 (*climate change*), dan *Goal* 15 (*life on land*).

Pengelolaan lahan agroforestri untuk produksi pangan akan berjalan efektif dan efisien apabila menggunakan unsur teknologi. Sebagai contoh, apabila 150.000 ha lahan terlantar digunakan untuk budi daya jagung dengan tambahan teknologi produktivitas organik menghasilkan rata-rata 6,5 ton/ha dan dilakukan selama 2 kali musim tanam, terjadi penambahan produksi rata-rata sebesar 1,95 ton jagung. Angka ini dapat mensubstitusi lebih dari 60% impor jagung Indonesia (Mayrowani dan Ashari, 2011). Efek multiganda dari usaha pertanian pola agroforestri ini akan sangat berarti dalam upaya peningkatan kesejahteraan petani dan masyarakat sekitar serta berkontribusi terhadap target kedaulatan pangan dan kelestarian lingkungan secara nasional.

3.3 Penggunaan Teknologi *Blockchain* dalam Usaha Agroforestri

Blockchain adalah salah satu teknologi revolusi 4.0 yang memungkinkan terjadinya transaksi dan pertukaran data secara langsung (*peer-to-peer*) tanpa perlu melibatkan pihak ketiga yang terpercaya. Sistem pembagian data pada *blockchain* ini dapat berlangsung secara instan, transparan, dan efisien karena basis data seluruh kegiatan usaha dapat diatur secara otomatis melalui *blockchain* dibandingkan dengan sistem *data sharing* konvensional (Tabel 3). Penerapan *blockchain* juga dapat menghemat penggunaan anggaran dana pembangunan di Indonesia mengingat sistem pengelolaan data yang merata dan sistematis.

Tabel 3. Perbandingan sistem *data sharing* konvensional dengan teknologi *blockchain*

No	Sistem *data sharing* konvensional	Teknologi *Blockchain*
1	Sistem penyimpanan data terpusat oleh satu server	Penyimpanan data terdistribusi secara merata (desentralisasi)
2	Transaksi data melalui pihak ketiga	Tanpa bantuan pihak ketiga
3	Informasi terkait *real-time data* belum optimal	Data akan diperbaharui secara otomatis (*record keeping*) dan keamanan data melalui enkripsi
4	Ada kemungkinan yang besar untuk penyalahgunaan data	Transparansi dan *uncorruptible* karena berbasis *peer-to-peer*

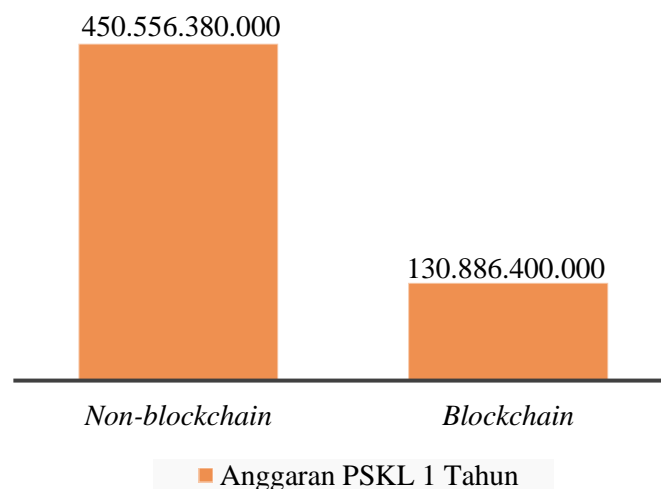
Penggunaan teknologi *blockchain* pada program *Agroforestcape* ditujukan untuk membuat pengaturan rantai pasok kegiatan usaha agroforestri secara otomatis. Saat ini, program agroforestri yang sedang dijalankan di Indonesia masih memiliki berbagai permasalahan dalam hal rantai pasok (Tabel 4). Paradigma baru pengembangan agroforestri berbasis teknologi *blockchain* diperlukan dalam rangka meningkatkan efisensi dan efektivitas usaha agroforestri.

Tabel 4. Permasalahan dan paradigma baru agroforestri Indonesia

No	Permasalahan Penerapan Agroforestri	Paradigma Baru Agroforestri (*Agroforestcape*)
1	Ketidakpastian kepemilikan lahan	Ada kepastian penggunaan lahan
2	Kurangnya efisiensi usaha	Rantai pasok yang efisien
3	Biaya logistik mahal	Biaya logistik wajar
4	Luasan garapan sempit	Intensifikasi pada lahan garapan
5	Produktivitas menurun	Produktivitas meningkat
6	Kelembagaan yang terpusat (sentralisasi) dan tertutup	Kelembagaan yang terbuka (desentralisasi) dan transparan

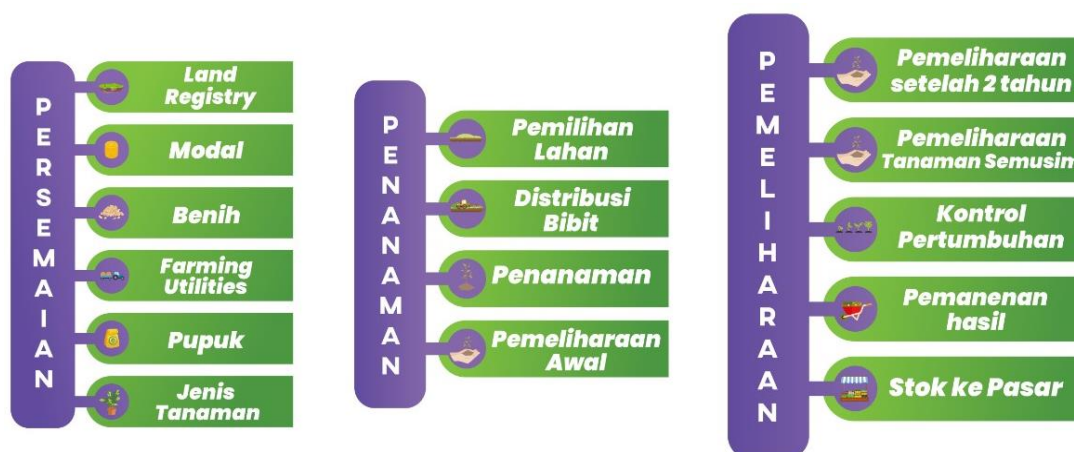
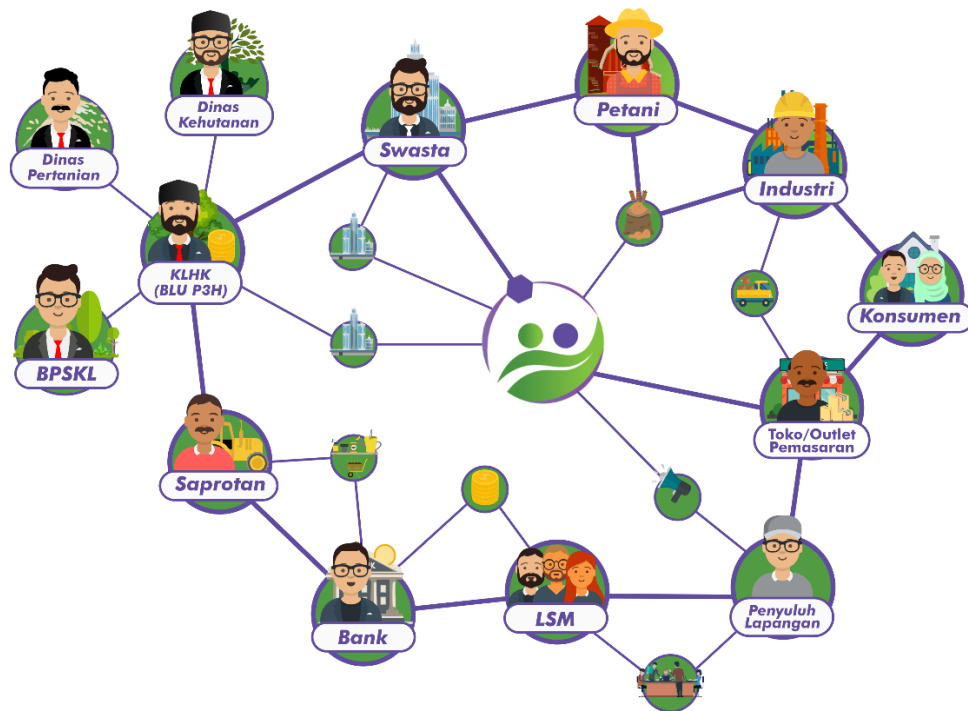
Kegiatan agroforestri mulai dari kepemilikan lahan, persemaian, penanaman, pemeliharaan sampai pengiriman barang ke konsumen akan dientri ke dalam sistem *Agroforestcape*. Para pemangku kepentingan yang akan terlibat dalam sistem *Agroforestcape* ini adalah pemerintah yaitu KHLK melalui Direktorat Jenderal Perhutanan Sosial dan Kemitraan Lingkungan (Ditjen PSKL) serta Badan Layanan Umum Pusat Pembiayaan Pembagunan Kehutanan (BLU P3H), Dinas Kehutanan dan Dinas Pertanian masing-masing provinsi, Balai Perhutanan Sosial

dan Kemitraan Lingkungan (BPSKL), pihak swasta melalui program CSR, pemerintah daerah kabupaten/kota setempat, pemasok sarana produksi pertanian (saprotan), industri pertanian, toko (*outlet*) penjualan produk, Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM), Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan), bank, serta penyuluh lapangan.

Integrasi para pemangku kepentingan ini memiliki berbagai manfaat antara lain bantuan pendanaan dari BLU P3H KLHK ke gapoktan dapat dipantau dengan baik oleh seluruh server, Dinas Kehutanan dan penyuluh lapangan dapat berinteraksi secara langsung mengenai usaha agroforestri, dan Gapoktan memiliki akses langsung ke pasar (konsumen dan industri). Selain itu, penggunaan teknologi *blockchain* dapat mendukung adanya *product traceability* dari komoditas agroforestri yang berimplikasi pada meningkatnya tingkat kepercayaan konsumen terhadap latar belakang produk yang jelas dan ramah lingkungan. Penggunaan teknologi *blockchain* juga dapat menghemat penggunaan anggaran dana kehutanan (Gambar 6 dan Tabel 5) khususnya pada Ditjen Perhutanan Sosial dan Kemitraan Lingkungan (PSKL) setiap tahun (Lampiran 3) karena sistem kelembagaan yang lebih hemat kertas dan pengiriman data yang dapat dilakukan secara cepat dan tepat. Mengingat Indonesia adalah negara dengan jumlah lahan terlantar yang cukup banyak, penggunaan teknologi *blockchain* di daerah dapat meminimalkan risiko penyalahgunaan dana bantuan kehutanan dan juga sistem kepemilikan lahan dapat diregistrasi dengan baik sehingga konflik sengketa lahan dapat dicegah pada kemudian hari.

Gambar 6. Perbandingan penggunaan anggaran dana PSKL untuk 1 tahun

Tabel 5. Kalkulasi penggunaan anggaran dana PSKL dengan menggunakan teknologi *blockchain* (tahun ujicoba)

No	Indikator	Sistem Pengaturan Rantai Pasok		Total Anggaran
		Non-*blockchain*	***Blockchain***	
1	Total anggaran PSKL 2019	450.556.380.000	-	450.556.380.000 (A)
2	Pengadaan server *blockchain* (34 provinsi untuk 12 bulan)	-	320.800.000 /bulan (http://account .zettagrid.id/)	130.886.400.000 (B)
	Total Kebutuhan Dana Setelah Penggunaan *Blockchain* (A/B*100%)			**29,05%**

Tabel 5 menunjukkan bahwa penggunaan teknologi *blockchain* untuk kelembagaan dan rantai pasok agroforestri hanya membutuhkan alokasi sebesar 29,05% dari total anggaran dana PSKL tahun 2019. Alokasi dana untuk pembuatan teknologi *blockchain* ini akan diimplementasikan selama 3 tahun yaitu tahun 1 (uji coba), tahun 2 (pelaksanaan), dan tahun 3 (evaluasi) dengan anggaran sebesar Rp130.886.400.000 per tahun. Data yang akan dientri dalam sistem *Agroforestcape* berbasis *blockchain* didasarkan pada 3 kegiatan utama dalam agroforestri yaitu persemaian, penanaman, dan pemeliharaan (Gambar 7). Model *Agroforestcape* berbasis *blockchain* yang akan dikembangkan memiliki tipe yaitu *permissionless*/*public blockchain* dan server akan mendapatkan akses masuk melalui kode enkripsi (Gambar 8).

Gambar 7. Skema data entri bagi *Agroforestcape*

Gambar 8. Model *Agroforestcape* berbasis teknologi *blockchain*

Penggunaan teknologi *blockchain* ini memberikan kemudahan secara langsung bagi 3 pelaku utama rantai pasok agroforestri (Lampiran 4).

a. Gapoktan (*Growers*)

Teknologi *blockchain* dapat menyasar dari petani kecil dengan hanya satu lahan sampai dengan perusahaan besar yang memiliki banyak lahan, transaksi perdagangan yang otomatis dan berbasis *real-time data*, kegiatan usaha dapat berjalan lebih cepat, hemat dan tepat, serta kelompok tani akan mendapatkan pelaporan secara berkala tentang kondisi lahan agroforestri melalui aplikasi. Selain itu, kelompok tani juga akan menerima pemberitahuan langsung untuk pengangkutan hasil pemanenan dan dapat menghubungi pemangku kepentingan lainnya melalui sistem untuk mengatur stok dan pemasaran (Lampiran 5).

b. Pedagang Perantara (*Brokers*)

Pedagang perantara tidak akan kehilangan pekerjaan (dihapuskan) dengan hadirnya teknologi *blockchain* karena pelaku ini juga memiliki peran penting dalam rantai pasok usaha agroforestri. Pedagang perantara akan mendapat kemudahan berupa pemberitahuan langsung dari jejaring pemasaran, mempererat hubungan dengan pelanggan, dan dapat memperbaharui kontrak secara otomatis dengan Gapoktan.

c. Pihak Logistik (*Logistics*)

Pihak logistik dapat melakukan pencatatan tugas rantai pasok secara otomatis, melakukan pengangkutan barang dimana saja melalui aplikasi, fasilitas kamera untuk bukti pengangkutan, *trip mapping* dan *distance tracking* untuk pemantauan perjalanan angkutan tanpa menggunakan GPS (*Global Positioning System*), dan menerima pemberitahuan langsung terkait kontrak pengangkutan dengan Gapoktan dan pedagang perantara (Lampiran 6).

3.4 Strategi Implementasi *Agroforestcape*

Penerapan *Agroforestcape* berbasis teknologi *blockchain* akan diintegrasikan dengan program *smart village* agar dapat mengoptimalkan sarana teknologi yang sudah ada dan mendukung pembangunan pertanian yang lebih baik di daerah. Infrastruktur seperti komputer dan jaringan internet telah tersedia secara umum di daerah pedesaan dan pedalaman. Penetrasi internet di Indonesia pada tahun 2014 sebesar 34,7% dan berkembang pesat menjadi 54,7% pada tahun 2017, bahkan di daerah Indonesia Timur penetrasinya sudah mencapai 42% (APJII, 2017). Tingkat penetrasi internet ini akan bertambah seiring dengan program pembangunan *Base Transceiver Station* (BTS) sebanyak 5.000 unit di daerah 3T yang akan membuat akses internet semakin merata di seluruh wilayah Indonesia (Kominfo, 2018). Oleh karena itu, sarana infrastruktur yang selanjutnya dapat dibangun adalah penguatan sistem basis data pertanian yang sistematis dan mutakhir di Indonesia melalui Dinas Pertanian dan Kehutanan masing-masing provinsi dan dapat dibantu dengan web *Agroforestcape* (Lampiran 7).

Konsep *Agroforestcape* ini juga sejalan dengan program pemerintah yaitu *One Map Policy*, yakni registrasi kepemilikan lahan agroforestri dengan menggunakan teknologi *blockchain* dapat memudahkan urusan agraria. Teknologi *blockchain* juga memungkinkan terciptanya sistem *Big Data in Agriculture* sehingga setiap orang dapat berkontribusi dan menebar manfaat melalui sarana pertukaran data pertanian yang ada. Adapun langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk memulai implementasi konsep *Agroforestcape* berbasis teknologi *blockchain* di Indonesia terurai dalam tahapan berikut.

1. Pelaksanaan kegiatan survei dan pemetaan lokasi usaha agroforestri di Indonesia beserta rincian lengkap dari kegiatan usaha yang dilakukan.
2. Koordinasi dengan KLHK dan pemerintah daerah untuk melakukan penyusunan anggaran terkait pembelian fasilitas teknologi *blockchain* agar dapat dijadikan sebagai salah satu komponen APBN/APBD.
3. Sosialisasi dan pelatihan tentang konsep *Agroforestcape* kepada pemerintah daerah khususnya petugas penyuluh lapangan, perwakilan kelompok tani dan, petani andalan yang akan membantu dalam menggerakkan program ini di lapangan.
4. Kerja sama dengan pihak swasta dan perguruan tinggi khususnya di bidang IT dalam pengembangan riset dan teknologi *blockchain* secara komperhensif dan integral.
5. Pemutakhiran basis data agroforestri di masing-masing daerah melalui portal Sistem Navigasi Perhutanan Sosial (SINav PS) KLHK dan integrasi sistem *Agroforestcape* dengan program pemerintah seperti *One Map Policy* dan *Big Data in Agriculture*.

BAB IV
SIMPULAN DAN REKOMENDASI

4.1 Simpulan

Agroforestcape adalah program untuk memopulerkan agroforestri di Indonesia berbasis teknologi *blockchain* sebagai solusi masa depan pemanfaatan lahan integratif dalam rangka pemenuhan target kedaulatan pangan dan kelestarian lingkungan. Pengembangan konsep *Agroforestcape* juga sesuai dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan khususnya pada *Goal* 2 (*zero hunger*), *Goal* 13 (*climate change*), dan *Goal* 15 (*life on land*). Penerapan *Agroforestcape* di lapangan dapat diterapkan dengan penggunaan komposisi tanaman sengon buto, jati, lamtoro, bakau, lada, padi, sagu, dan ubi kayu melalui 3 pola penanaman yaitu 2D, 3D, dan 4D *Agroforestry*. Pola agroforestri pada lahan seluas 1 juta ha berpotensi untuk meningkatkan produksi pangan sebesar 10 juta ton per tahun dibandingkan dengan sistem pertanian tradisional tanpa agroforestri dan dapat memenuhi kebutuhan

pangan bagi 50 juta orang. Agroforestri juga berkontribusi terhadap penuruanan emisi gas rumah kaca karena lahan agroforestri diprediksi dapat menyerap karbon tiga kali lebih tinggi dibandingkan sistem pertanian tradisional untuk 20 tahun mendatang.

Penggunaan teknologi 4.0 *blockchain* pada program *Agroforestcape* ditujukan untuk membuat pengaturan rantai pasok kegiatan usaha agroforestri secara otomatis. Teknologi *blockchain* memungkinkan pertukaran data pembangunan agroforestri ke berbagai pihak tanpa memerlukan bantuan pihak ketiga. Segala bentuk kegiatan agroforestri akan diatur secara digital melalui sistem *blockchain* dan pihak kelompok tani akan secara mudah memantau perkembangan usaha. Selain itu, *blockchain* juga dapat menjamin transparansi dan akuntabilitas dari kelembagaan kehutanan karena apabila pelaku ingin mengubah data yang ada pada sistem, perlu adanya persetujuan dari pihak lain sehingga menjamin keamanan dan mencegah tindakan penyalahgunaan data. Hal ini tentunya dapat mendorong pertumbuhan usaha agroforestri di Indonesia dalam rangka mencapai target kedaulatan pangan dan kelestarian lingkungan pada masa mendatang.

4.2 Rekomendasi

Pengembangan *Agroforestcape* berbasis *blockchain* memerlukan kerja sama dari berbagai pihak seperti KLHK, swasta, pemerintah daerah, dan masyarakat untuk memfasilitasi pengembangan basis data yang mutakhir dalam usaha agroforestri serta pendampingan secara langsung kepada kelompok tani di lapangan dalam proses implementasi. Konsep *Agroforestcape* berbasis teknologi *blockchain* ini juga dapat dijadikan sebagai *benchmark* dalam peningkatan partisipasi masyarakat terhadap kegiatan usaha agroforestri.

Konsep *Agroforestcape* berbasis teknologi *blockchain* dapat diajukan sebagai bagian dari rumusan pembangunan kehutanan terutama dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional/Daerah (RPJMN/RPJMD). Selain itu, perlu adanya perlibatan masyarakat secara aktif terhadap pembahasan konsep *Agroforestcape* dalam kegiatan Musyawarah Perencanaan Pembangunan (Musrenbang) baik tingkat desa, kecamatan, kabupaten/kota, provinsi, maupun nasional.

DAFTAR PUSTAKA

Adhya, I., Deni, & Rusdeni, D. (2017). Kontribusi pengelolaan agroforestry terhadap pendapatan rumah tangga. *Wanaraksa*, 11(1), 13–20.

Albrecht, A., & Kandji, S. (2003). Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems, Environment*, 99, 15–27.

[APHI] Asosiasi Pengusaha Hutan Indonesia. (2016). Road Map Pengembangan Hutan Produksi Tahun 2016-2045. Jakarta: APHI.

[APJII] Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia. (2017). *Infografis Penetrasi dan Perilaku Pengguna Internet Indonesia*. Jakarta: Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia.

[BAPPENAS] Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2010). *Indonesia Climate Change Sectoral Roadmap (ICCSR) : Sektor Pertanian*. Jakarta: Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.

[BPS] Badan Pusat Statistik. (2018). *Luas Panen dan Produksi Beras di Indonesia 2018*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.

[BNPB] Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2019, 2 Februari). Jumlah kejadian bencana pada tahun 2018. http://dibi.bnpb.go.id/.

Chinaka, M. (2016). *Blockchain technology--applications in improving financial inclusion in developing economies: case study for small scale agriculture in Africa*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.

[FAO, UNICEF, IFAD, WFP, WHO] Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Fund for Agricultural Development, United Nations Children's Fund, World Food Programme, & World Health Organization. (2018). The State of Food Security and Nutrition in the World 2018. Building resilience for peace and food security. Roma: FAO.

Friday, K.S., Drilling, M.E., Garitty, D.P., Widianto, Sunaryo, & Kurniatun, H. (2000). *The Agroforestri Alternatif to Imperata Grasslands: When Smallhoder Agriculture and Forestry Reach Sustainability*. Bogor: ICRAF.

Grebmer, K.V., Bernstein, J., Patterson, Sonntag, A., Klaus, L.M., Fahlbusch, J., Towey, O., Foley, C., Gitter, S., Ekstrom, K., Fritschel, H., & Hammond, L.

(2018). *2018 Global Hunger Index : Forced Migration and Hunger*. Dublin: Welthungerlife dan Concern Worldwide.

Kholifah, U.N., Wulandari, C., Santoso, T., & Kaskoyo, H. (2017). Kontribusi agroforestri terhadap pendapatan petani di Kelurahan Sumber Agung, Kecamaran Kemiling, Kota Bandar Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*, 2 (3), 39-47.

[Kominfo] Kementerian Komunikasi dan Informatika. (2019, 13 Maret). Kominfo Targetkan 5.000 BTS di Daerah Terpencil. https://www.kominfo.go.id/content/detail/12458/kominfo-targetkan-5000-bts-di-daerah-terpencil/0/sorotan _media.

Lestari, S., & Premono, B.T. (2014). Penguatan agroforestri dalam upaya mitigasi perubahan iklim : kasus Kabupaten Bengkulu Tengah Provinsi Bengkulu. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 11 (1), 1-12.

Lin, Y.P., Patway, J.R., Anthony, J., Mukhtar, H., Liao, S.W., Chou, C.F., Ho, & Y.F. (2017). Blockchain : the evolutionary next step for ICT E-Agriculture. *Environments*, 4 (3), 50.

Mayrowani, H., & Ashari. (2011). Pengembangan agroforestry untuk mendukung ketahanan pangan dan pemberdayaan petani sekitar hutan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 29 (2), 83-98.

Nair, P.K.R. (2012). Climate change mitigation and adaptation : a low changing fruit of agroforestry. Dalam Nair, P.K.R., & Garrity, D.P., (editor). *Agroforestry : The Future of Global Landuse*. Dordrecht: Springer.

Nikolakis, W., John, L., & Krishnan, H. (2018). How blockchain can help sustainable sustainable global value chains : an evidence, verifiability, and enforceability (EVE) framework. *Sustainability*, 10 (3926), 1-16.

Perum Perhutani. (2009). *Buku Saku Statistik 2004-2008 Perum Perhutani Unit 1 Jawa Tengah*. Semarang: DKP/Biro Pembinaan Sumber Daya Hutan.

Porter, J.R., Xie, L., Challinor, A., Cochrane, K., Howden, S., Iqbal, M., Lobell, D., & Travasso, M. (2014). *Food Security and Food Production Systems*. Cambridge: Cambridge University Press.

Reij, C.H., Tappan, G., & Smale, M. (2009). *Agroenvironmental Transformation in the Sahel: Another Kind of "Green Revolution"*. Addis Ababa: International Food Policy Research Institute.

Ruhimat, I.S. (2016). Faktor kunci dalam pengembangan kelembagaan *agroforestry* pada lahan masyarakat. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 13 (2), 72-84.

Sanzech, P.A. (2000). Linking climate change research with food security and poverty reduction in the tropics. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 82 (1), 371-383.

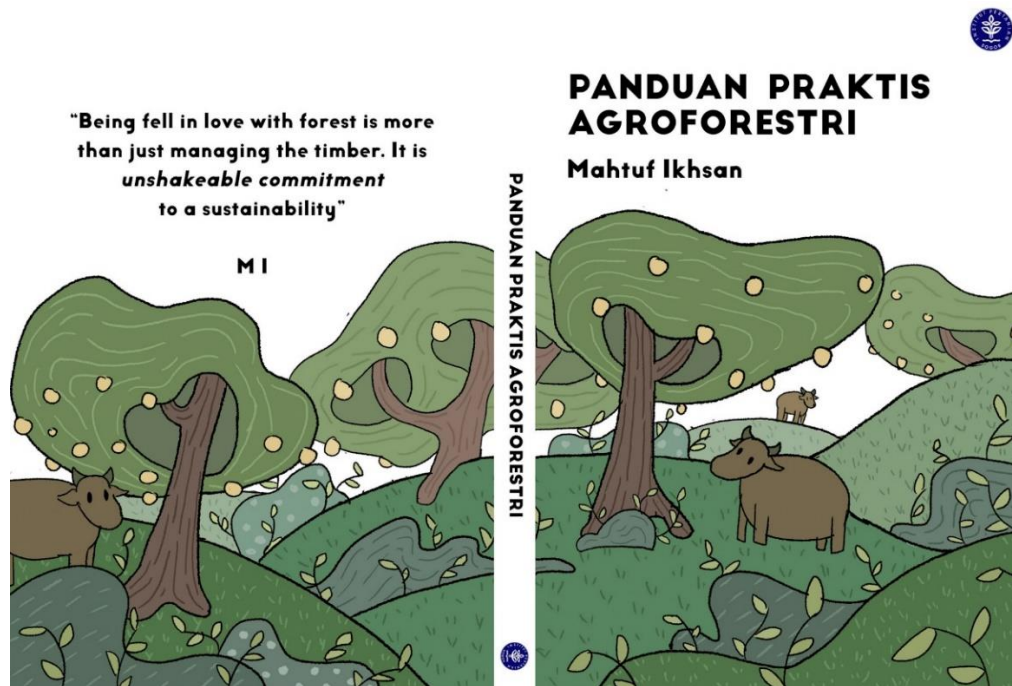
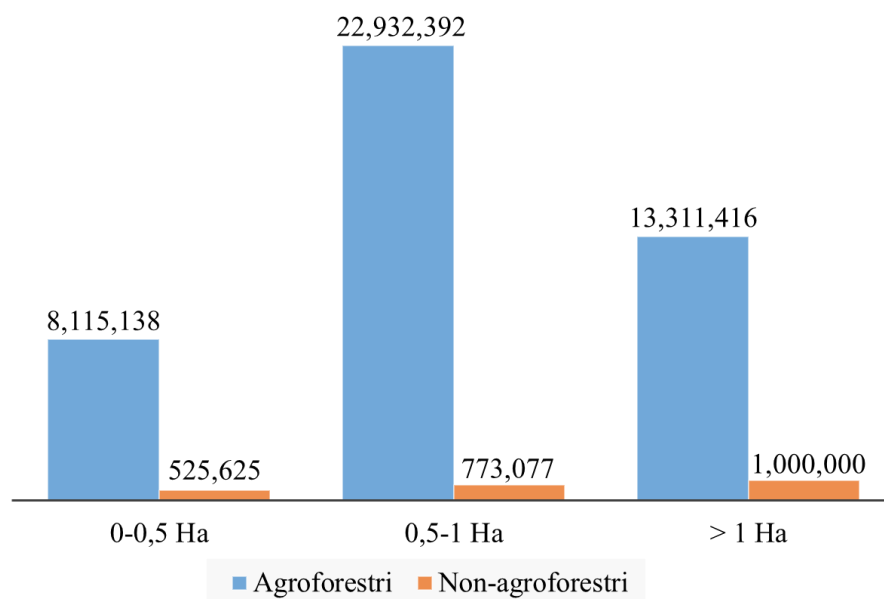
Senoaji, G. (2012). Pengelolaan lahan dengan sistem agroforestry oleh Masyarakat Baduy di Banten Selatan. *Jurnal Bumi Lestari*, 12 (2), 283-293.

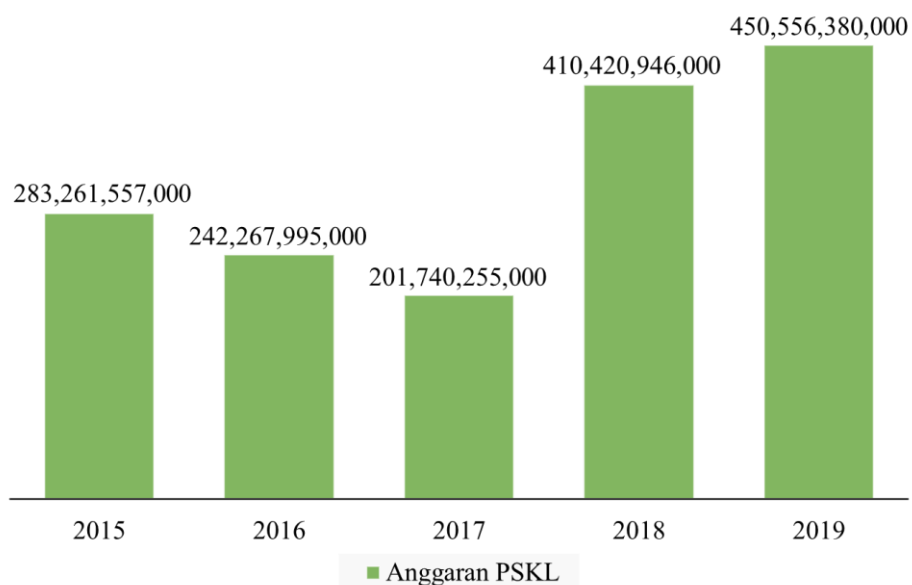
Sumarlan. (2012). *Peningkatan kinerja petani sekitar hutan dalam penerapan sistem agroforestri di lahan kritis pegunungan Kendeng Pati*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

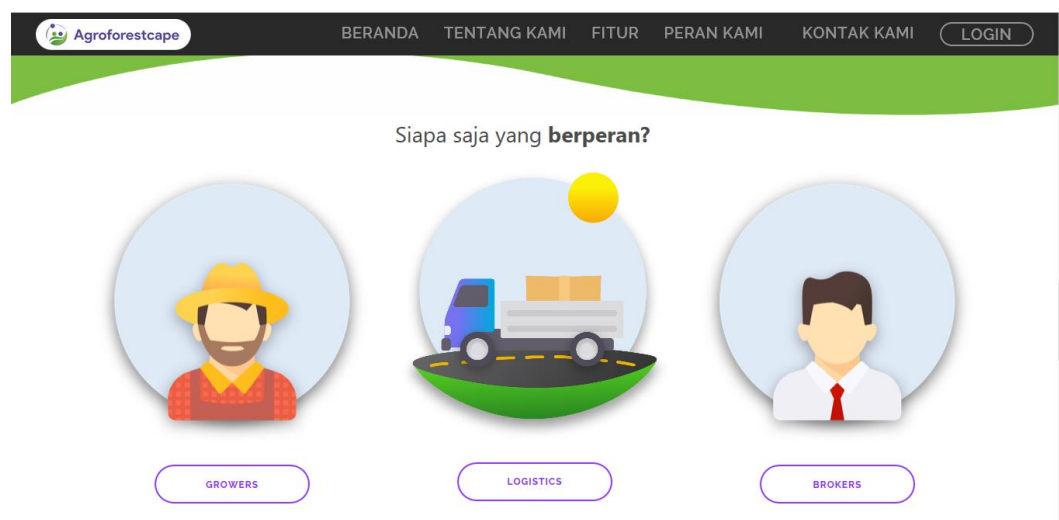
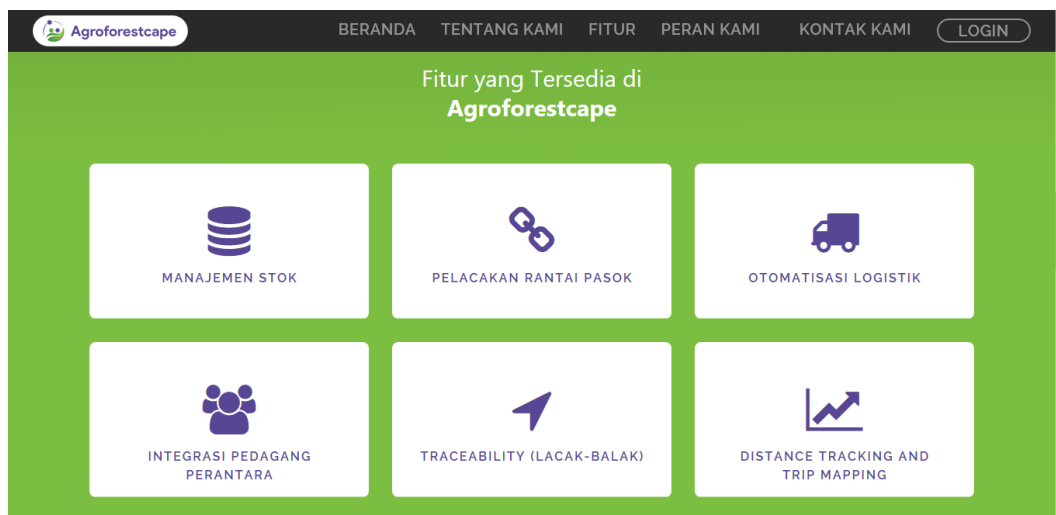
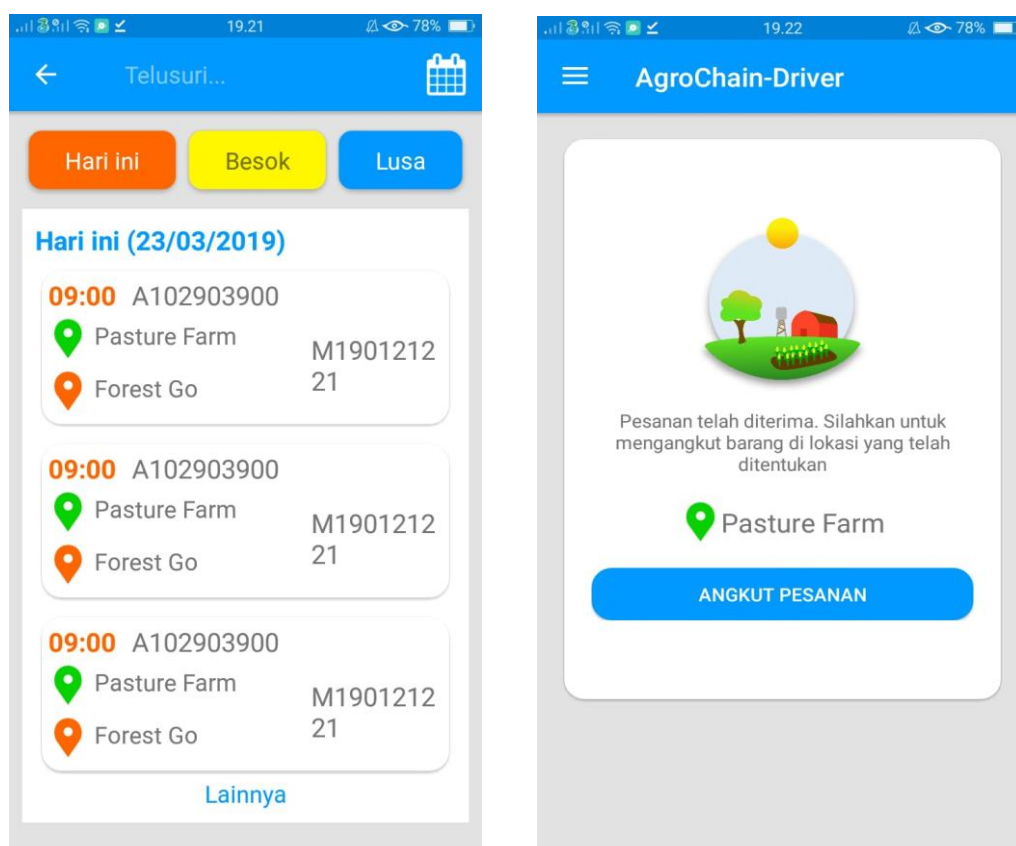
[UN DESA] United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2018). *World Urbanization Prospects : The 2018 Revision*. New York: United Nations Division of Economic and Social Affairs.

Wibowo, K., & Handayani, T. (2006). Pelestarian hutan mangrove melalui pendekatan mina hutan (*silvofishery*). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 7(3), 227-233.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan desain halaman depan dan halaman belakang buku *Panduan Praktis Agroforestri* oleh penulis

Lampiran 2. Kontribusi sistem agroforestri terhadap total pendapatan rumah tangga petani dibandingkan dengan sistem non-agroforestri

Sumber: Adhya *et al*., 2017

Lampiran 3. Anggaran dana Perhutanan Sosial dan Kemitraan Lingkungan (PSKL) 2015-2019

Sumber: Data Internal Ditjen PSKL KLHK

Lampiran 4. Pihak utama yang berperan dalam transformasi rantai pasok agroforestri dengan teknologi *blockchain*

Lampiran 5. Layanan rantai pasok sistem *Agroforestcape*

Lampiran 6. Fitur *distance tracking* dan *trip mapping* bagi *driver* pada aplikasi

Lampiran 7. Halaman utama web *Agroforestcape*

FORMULIR PENDAFTARAN PESERTA
PILMAPRES TINGKAT NASIONAL
PROGRAM SARJANA
TAHUN 2019

1. Judul Karya Ilmiah	*Agroforestcape*: Paradigma Baru Pengembangan Agroforestri Indonesia Berbasis Teknologi *Blockchain* untuk Kedaulatan Pangan dan Kelestarian Lingkungan
2. Nama Lengkap	Mahtuf Ikhsan
3. NIM	E14160071
4. Jenis Kelamin	Laki-laki/~~Perempuan~~ *)
5. Tempat/tanggal lahir	Duri/28 Januari 1999
6. Alamat lengkap	Asrama KOES+, Jalan Alternatif Babakan Tengah, Babakan, Dramaga, Bogor, 16680
7. Telepon	082306237345/ 089638719815
8. E-mail	mahtuf.ikhsan.ifsa@gmail.com
9. URL Blog/	Twitter : mahtufi ; Facebook : Mahtuf Ikhsan ; IG : mahtufikhsan
10. Program Studi	Manajemen Hutan
11. Jurusan	Manajemen Hutan
12. Fakultas	Kehutanan
13. Perguruan Tinggi	Institut Pertanian Bogor
14. Semester	Enam
15. IPK	3.69

Bogor, 15 April 2019

Wakil Rektor Bidang Pendidikan dan Kemahasiswaan

Dr. Ir. Drajat Martianto, M.Si
NIP 196403241989031004

Calon Peserta,

Mahtuf Ikhsan
NIM. E14160071

*) Pilih yang sesuai